



BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 05 SEP. 2003

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint Petersburg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr



26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

1er dépôt

BREVET D'INVENTION
CERTIFICAT D'UTILITÉ
Code de la propriété intellectuelle-Livre VI



REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Réservé à
L'INPI

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

REMISE DES PIÈCES DATE 25 SEPT 2002 LIEU 38 INPI GRENOBLE N° D'ENREGISTREMENT 0211848 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE 25 SEP. 2002 PAR L'INPI		1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE Cabinet Michel de Beaumont 1 rue Champollion 38000 GRENOBLE	
Vos références pour ce dossier (facultatif) B5600			
Confirmation d'un dépôt par télécopie <input type="checkbox"/>		N° attribué par l'INPI à la télécopie	
2 NATURE DE LA DEMANDE		Cochez l'une des 4 cases suivantes	
Demande de Brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale ou demande de certificat d'utilité initiale		N° N° Date / / Date / /	
Transformation d'une demande de brevet européen		<input type="checkbox"/> N° Date / /	
3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) CAPACITÉ VARIABLE			
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation Date Pays ou organisation Date / / Pays ou organisation Date / / <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé "Suite"	
5 DEMANDEUR		<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé "Suite"	
Nom ou dénomination sociale		STMicroelectronics SA	
Prénoms			
Forme juridique		Société anonyme	
N° SIREN			
Code APE-NAF			
ADRESSE	Rue	29, Boulevard Romain Rolland	
	Code postal et ville	92120	MONTRouGE
Pays		FRANCE	
Nationalité		Française	
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			


 Réservé à
L'INPI

REMISE DES PIÈCES

DATE **25 SEPT 2002**LIEU **38 INPI GRENOBLE**N° D'ENREGISTREMENT **0211848**

NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

Vos références pour ce dossier :

(facultatif) B5600

6 MANDATAIRE

Nom

Prénom

Cabinet ou Société

Cabinet Michel de Beaumont

N° de pouvoir permanent et/ou
de lien contractuel

ADRESSE

Rue

1 Rue Champollion

Code postal et ville

38000

GRENOBLE

N° de téléphone (facultatif)

04.76.51.84.51

N° de télécopie (facultatif)

04.76.44.62.54

Adresse électronique (facultatif)

cab.beaumont@wanadoo.fr

7 INVENTEUR (S)

Les inventeurs sont les demandeurs

☐ Oui☒ Non

Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur (s) séparée

8 RAPPORT DE RECHERCHE

Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)

Établissement immédiat

☒

ou établissement différé

☐

Paiement échelonné de la redevance

Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques

☐ Oui☒ Non**9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES**

Uniquement pour les personnes physiques

☐ Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition)☐ Requête antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence) :Si vous avez utilisé l'imprimé "Suite", indiquez
le nombre de pages jointes**10 SIGNATURE DU DEMANDEUR
OU DU MANDATAIRE
(Nom et qualité du signataire)**Michel de Beaumont
Mandataire n° 92-1016VISA DE LA PREFECTURE
OU DE L'INPI

D.R.G.R.

CAPACITÉ VARIABLE

La présente invention concerne des composants à capacité variable formés dans un substrat semiconducteur.

Un composant dont la capacité varie en fonction d'une consigne de tension est utilisé, par exemple, dans un oscillateur contrôlé en tension (VCO).

La figure 1 illustre, partiellement et schématiquement, une vue en perspective d'une première électrode d'une capacité variable formée dans un substrat 1 de silicium faiblement dopé de type N. Le substrat 1 comporte une série de nervures 2 identiques régulièrement espacées et de base plane rectangulaire.

La figure 2 illustre, en vue en coupe transversale partielle et schématique, une diode Schottky utilisant la première électrode de la figure 1. La surface de silicium de la première électrode peut être complétée par une région de surface 3 fortement dopée de type N. La région 3 est continue et s'étend dans la surface plane supérieure des nervures 2, le long de leurs parois verticales et dans les surfaces planes du substrat 1 séparant les bases de nervures voisines. Une couche 4 d'un matériau conducteur propre à constituer une barrière Schottky, tel qu'un siliciure de métal recouvre l'ensemble de la structure. La diode Schottky comporte donc une première électrode

(cathode) constituée par le substrat 1 comportant les nervures 2 et une seconde électrode (anode) constituée par le siliciure 4. La diode est généralement complétée par des métallisations (non représentées) contactant, en face arrière, le substrat 1 et, en face avant, le siliciure 4.

Lors d'une polarisation en inverse (tension positive appliquée sur la cathode), la diode de la figure 2 se comporte comme un condensateur dont l'isolant inter-électrode est la zone de charge d'espace (ou zone déplétée) qui s'étend dans la région 3, si elle existe, et le substrat 1.

La figure 3 est un graphe illustrant, partiellement et schématiquement, la variation $C(V)$ de la capacité C de la diode de la figure 2 en fonction de la valeur V de la tension inverse. La capacité C chute quand la valeur V augmente. A partir d'une certaine valeur limite ou tension de pincement V_p , la capacité C varie brutalement vers une valeur basse V_{th} . La tension de pincement V_p est la valeur pour laquelle l'extension de la zone déplétée dans le substrat 1 est telle que le volume des nervures 2 est complètement déserté par les porteurs. La valeur V_{th} correspond à la valeur limite d'extension de la zone déplétée dans le substrat 1.

Un inconvénient d'une capacité variable telle que décrite précédemment réside dans la discontinuité de la variation de capacité autour de la tension de pincement V_p . En raison de cette discontinuité, on est amené en pratique à exclure du fonctionnement la gamme de capacité (fréquence) correspondant à une polarisation en inverse au-delà de la tension de pincement V_p , ce qui ne permet pas de balayer une large gamme de fréquence dans une application à un oscillateur VCO.

Pour qu'un oscillateur VCO fonctionne sur une gamme de fréquence étendue, on doit donc utiliser plusieurs dispositifs distincts pour permettre des accords de fréquence sur différentes plages de fréquences. Cela est contraire à la volonté de réduction de taille des dispositifs.

Les problèmes exposés précédemment pour une diode Schottky se présentent également si on utilise comme capacité variable une jonction PN polarisée en inverse. Par rapport à la structure de la diode Schottky de la figure 2, une région de surface très fortement dopée de type P est formée dans la région 3 fortement dopée de type N. Le cas échéant, la présence de la région de type P accroît encore la complexité de réglage du dopage de la région 3 de type N. On rappellera que la région 3 est optionnelle ; la région fortement dopée de type P peut donc la remplacer.

Les problèmes exposés précédemment se posent de façon générale dans toute capacité variable.

La présente invention vise à proposer une capacité variable, dont la variation en fonction de la tension est uniforme, exempte de variation brutale.

La présente invention vise à proposer une telle capacité qui permette de balayer une plage de capacité étendue.

Pour atteindre ces objets, la présente invention prévoit une capacité variable formée dans un substrat semiconducteur de surface nervurée, dont une première électrode est constituée de l'ensemble de nervures saillant du substrat, de portions du substrat sous-jacentes aux nervures et d'au moins des portions du substrat séparant les bases de deux nervures, dont une deuxième électrode est superposée à au moins une partie de la première électrode. Les nervures sont irrégulières en ce qui concerne leur section et/ou leur surface de base plane.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, deux nervures successives présentent des bases trapézoïdales non parallélipédiques de mêmes surfaces.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, deux nervures successives sont disposées en quinconce.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, deux nervures successives présentent des bases trapézoïdales de surfaces différentes.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, les bases des nervures sont rectangulaires.

Ces objets, caractéristiques et avantages, ainsi que d'autres de la présente invention seront exposés en détail dans la description suivante de modes de réalisation particuliers
5 faite à titre non limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

la figure 1 est une vue en perspective partielle et schématique d'une électrode classique d'une capacité variable ;

10 la figure 2 illustre, en vue en coupe transversale partielle et schématique, une diode Schottky utilisant la première électrode de la figure 1 ;

la figure 3 est un graphe illustrant la variation de capacité en fonction de la tension inverse de polarisation de la diode de la figure 2 ;
15

la figure 4 illustre, en vue en perspective partielle et schématique, un mode de réalisation d'une électrode d'une capacité variable selon la présente invention ;

la figure 5 est un graphe illustrant la variation de capacité en fonction de la tension appliquée aux bornes d'une capacité comprenant une électrode ayant la structure de la figure 4 ;
20

la figure 6 illustre, en vue en perspective partielle et schématique, un autre mode de réalisation d'une électrode d'une capacité variable selon la présente invention ; et
25

la figure 7 est un graphe illustrant la variation de capacité en fonction de la tension appliquée aux bornes d'une capacité comprenant une électrode ayant la structure de la figure 6.

30 Par souci de clarté, les mêmes éléments ont été désignés par de mêmes références aux différentes figures et, de plus, les figures ne sont pas tracées à l'échelle.

Une caractéristique de la présente invention est de remplacer une électrode comprenant des nervures de géométrie régulière par une électrode comprenant des nervures de géométrie
35

irrégulière en ce qui concerne soit leur section, soit leur surface, soit les deux.

La figure 4 illustre, en vue en perspective partielle et schématique, un mode de réalisation d'une électrode 10 d'une
5 capacité variable selon la présente invention.

L'électrode 10 est formée dans un substrat semiconducteur 11, par exemple de silicium, faiblement dopé d'un premier type de conductivité, par exemple N. On notera que par substrat, on désigne autant une tranche semiconductrice monocristalline
10 uniformément dopée que des zones épitaxiées et/ou spécifiquement dopées par diffusion/implantation formées sur ou dans un substrat massif. L'électrode 10 est plus particulièrement constituée d'un ensemble de nervures 12 qui présentent une base trapé-
zoïdale dont les deux côtés parallèles sont de longueurs différentes,
15 L1 et L2. Les nervures 12 sont donc irrégulières en ce qui concerne leur section.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, lorsque les nervures 12 sont irrégulières en ce qui concerne leur section, elles sont, comme l'illustre la figure 4, régulière en ce qui concerne leur surface, c'est-à-dire toutes identiques.
20

De préférence, comme l'illustre la figure 4, les nervures 12 sont disposées en quinconce dans le substrat 11. Ainsi, la surface occupée par deux nervures voisines 12 est réduite par rapport à la surface qu'elles occuperaient si leurs côtés parallèles coplanaires présentaient une même longueur, L1 ou L2.
25

Une telle électrode 10 est ensuite utilisable pour former une capacité variable. Ainsi, dans une diode Schottky l'électrode 10 peut être complétée par une région de surface
30 dopée du même type de conductivité que le substrat 11 mais plus fortement. La diode Schottky est complétée par une anode constituée par une couche superposée de façon conforme et propre à constituer une barrière Schottky.

La figure 5 est un graphe qui illustre, partiellement
35 et schématiquement, la variation $C(V)$ de la capacité C d'une

telle diode Schottky en fonction de la tension inverse V appliquée entre ses bornes.

Par rapport à la courbe homologue $C(V)$ de la figure 3 comportant une électrode classique illustrée en figure 1, la variation $C(V)$ obtenue avec une électrode 10 selon la présente invention est plus uniforme. Cette uniformisation se traduit notamment par une suppression de la discontinuité de la capacité autour d'une tension de pincement. Cette uniformisation est permise par le fait que les nervures 12 sont désertées progressivement pour des tensions successives et non pas brutalement autour d'un seuil.

La plage de variation possible de la consigne en tension d'un oscillateur VCO est alors étendue par rapport au cas décrit en relation avec les figures 1 et 2. Il est donc possible de balayer une plage de fréquence plus large en toute sécurité. Les études de l'inventeur ont permis de montrer que, pour une faible plage de tension, par exemple comprise entre 0 et 3V, la capacité minimale est de l'ordre du dixième au vingtième de la capacité maximale. De plus, ce rapport dépend directement des dimensions des nervures.

La figure 6 illustre, en vue en perspective partielle et schématique, un autre mode de réalisation d'une électrode 20 d'une capacité variable selon la présente invention.

L'électrode 20, formée dans un substrat 21, comporte des nervures 22, 23, 24 et 25 dont les bases trapézoïdales sont parallélipipédiques, par exemple rectangulaires mais de largeurs inégales $L3$, $L4$, $L5$ et $L6$. Les nervures 22, 23, 24 et 25 sont donc régulières en section et irrégulières en surface.

Alors, comme l'illustre, schématiquement et partiellement, le graphe de la figure 7, on obtient, pour une capacité variable comportant l'électrode 20 de la figure 6, une courbe de variation de la capacité en fonction de la tension V uniforme par paliers. Chaque palier correspond au pincement, à la déplétion totale, de nervures 22, 23, 24 et 25 d'une largeur donnée

L3, L4, L5 et L6. La variation en fin de chaque palier est limitée par la présence voisine de nervures non désertées.

Selon un mode de réalisation non représenté, une électrode d'une capacité variable peut comporter des nervures simultanément irrégulières en section et en surface. Irrégulière en section, chaque nervure a une base trapézoïdale telle que ses supports parallèles ont des longueurs différentes. Irrégulières en surface, les bases de différentes nervures présentent des surfaces différentes.

La présente invention est susceptible de diverses variantes et modifications qui apparaîtront à l'homme de l'art. En particulier, on a considéré précédemment dans la description de l'invention des formes et agencements particuliers des nervures. Toutefois, l'homme de l'art comprendra que la forme des nervures trapézoïdales et leur nombre peuvent être ajustés en fonction de contraintes liées à une filière technologique particulière.

Par ailleurs, on a considéré dans la description précédente de l'invention une capacité variable réalisée sous forme d'une diode Schottky polarisée en inverse. Toutefois, la présente invention s'applique également à toute autre réalisation de capacité variable dans laquelle la zone isolante est constituée par une zone de charge d'espace. Ainsi, la capacité variable peut être réalisée sous forme d'une jonction PN polarisée en inverse. De même, la capacité peut être constituée par l'empilement de l'une quelconque des électrodes de base trapézoïdale décrites précédemment, d'un isolant (oxyde) de type MOS et d'une seconde électrode conductrice.

La capacité variable peut être constituée de l'association de plusieurs capacités variables. Par exemple, on forme sur les surfaces supérieures trapézoïdales planes des nervures de la première électrode des capacités à partir d'une jonction soit de type Schottky, soit de type PN et sur les parois latérales des nervures et entre deux nervures des capacités de type MOS.

REVENDICATIONS

1. Capacité variable formée dans un substrat semi-conducteur (11 ; 21) de surface nervurée, dont une première électrode est constituée de l'ensemble de nervures (12 ; 22, 23, 24, 25) saillant du substrat, de portions du substrat sous-jacentes aux nervures et d'au moins des portions du substrat séparant les bases de deux nervures, dont une deuxième électrode est superposée à au moins une partie de la première électrode, caractérisée en ce que les nervures sont irrégulières en ce qui concerne leur section et/ou leur surface de base plane.
2. Capacité selon la revendication 1, caractérisée en ce que deux nervures successives (12) présentent des bases trapézoïdales non parallélipédiques de mêmes surfaces.
3. Capacité selon la revendication 2, caractérisée en ce que deux nervures successives (12) sont disposées en quinconce.
4. Capacité selon la revendication 1, caractérisée en ce que deux nervures successives (22, 23, 24, 25) présentent des bases trapézoïdales de surfaces différentes.
5. Capacité selon la revendication 4, caractérisée en ce que les bases des nervures (22, 23, 24, 25) sont rectangulaires.

1/2

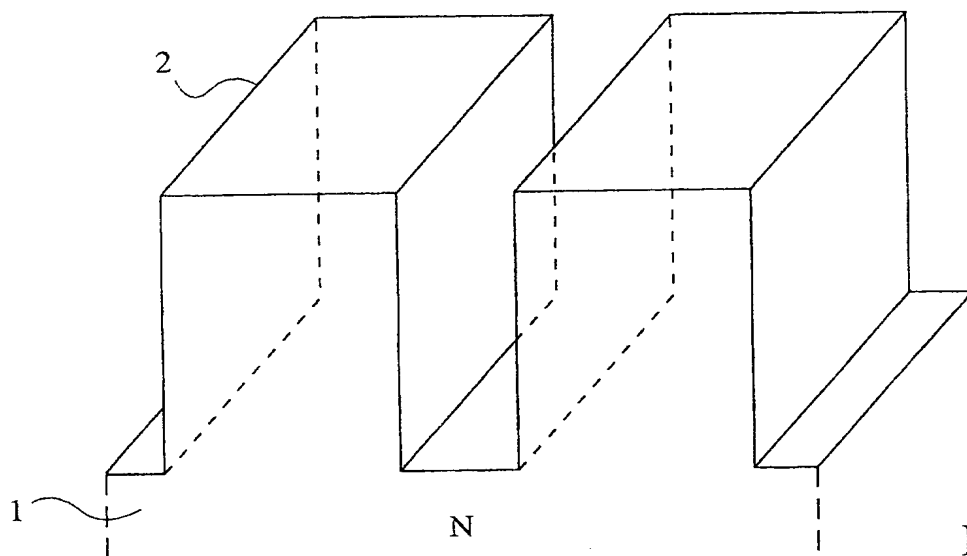


Fig 1

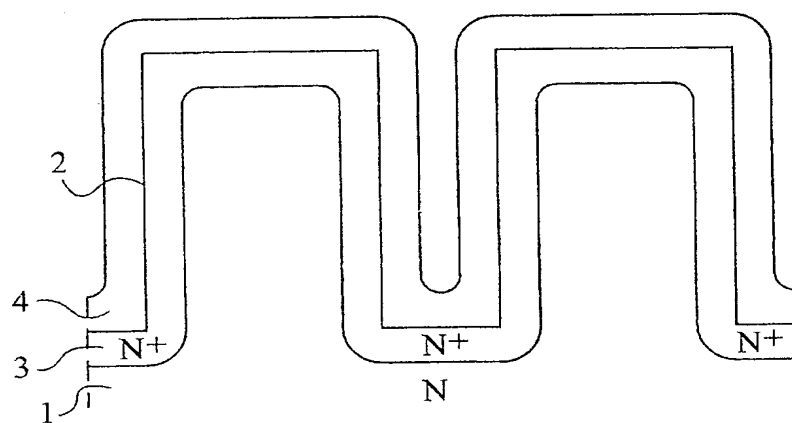


Fig 2

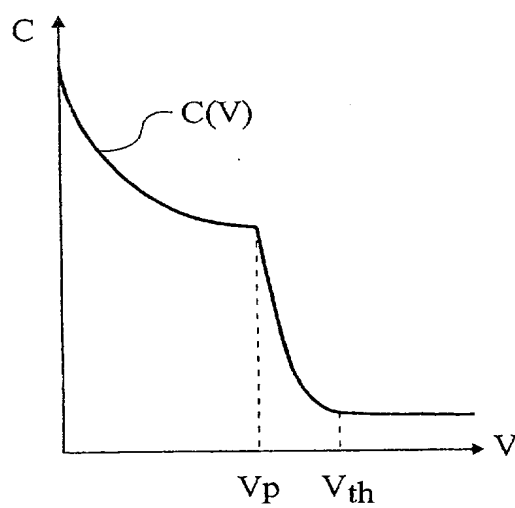


Fig 3

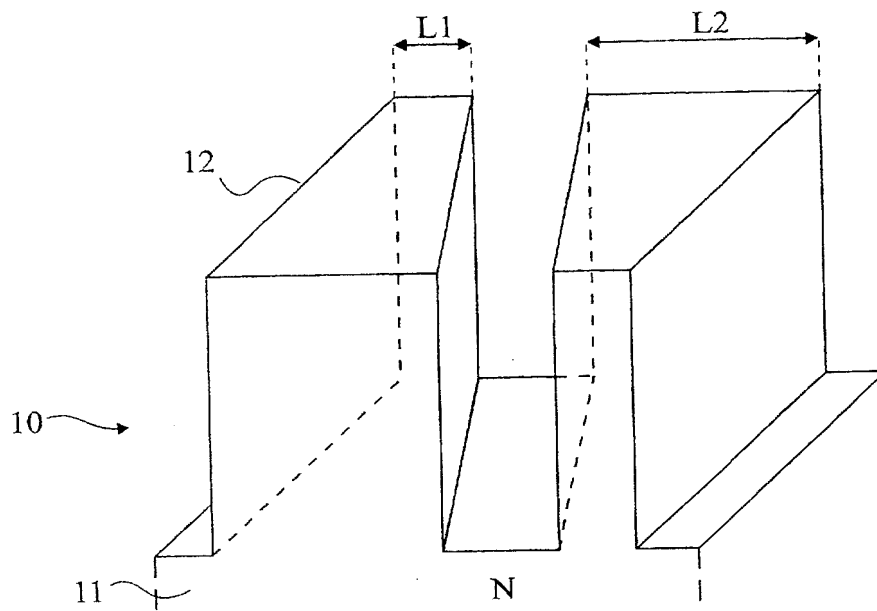


Fig 4

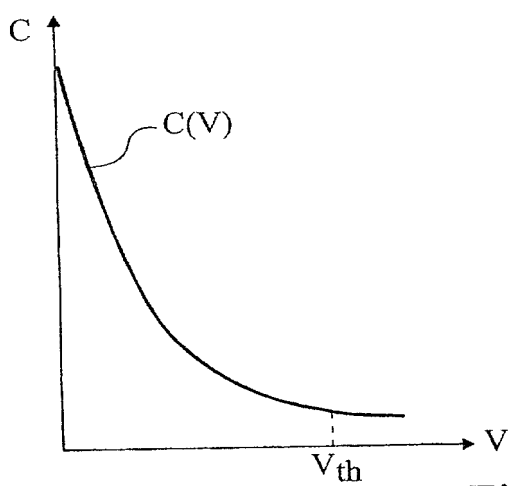


Fig 5

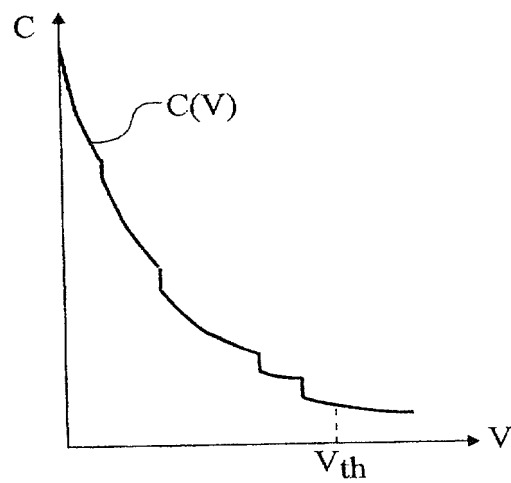


Fig 7

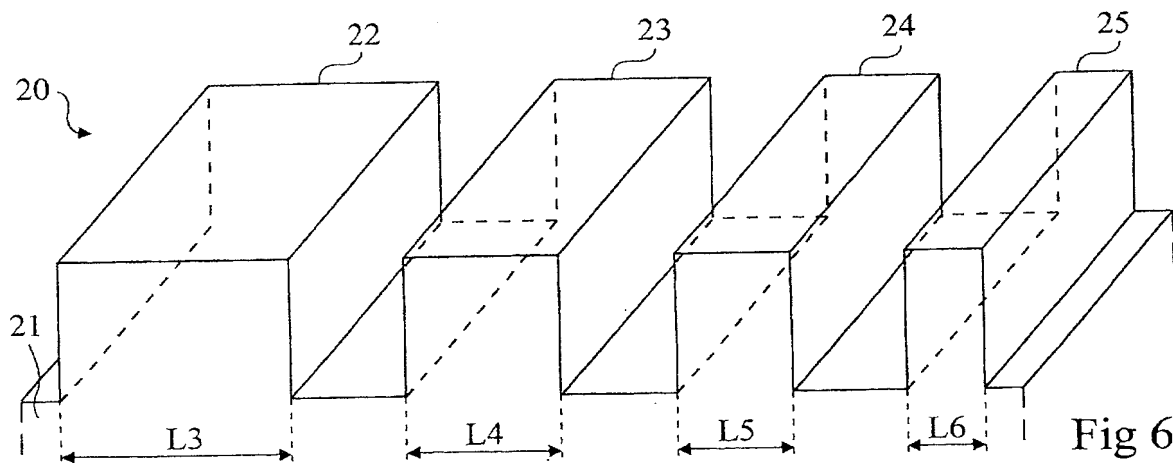


Fig 6



DÉPARTEMENT DES BREVETS
26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

**BREVET D'INVENTION,
CERTIFICAT D'UTILITÉ**

Code de la propriété intellectuelle-Livre VI



DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) PAGE N°1/ 1

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

Vos références pour ce dossier (facultatif)		B5600	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		02 11848	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)			
CAPACITÉ VARIABLE			
LE(S) DEMANDEUR(S) :			
STMicroelectronics SA			
DESIGNE (NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite "Page N°1/1" S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Prénoms & Nom		Patrick <u>POVEDA</u>	
ADRESSE	Rue	26, Rue Emile Bouin	
	Code postal et ville	37110	VILLEDOMER, FRANCE
Société d'appartenance (facultatif)			
Prénoms & Nom			
ADRESSE	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
Prénoms & Nom			
ADRESSE	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
DATE ET SIGNATURE (S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)			
Michel de Beaumont Mandataire n° 92-1016 Le 24 septembre 2002			

